Aus der Nervenabteilung der Medizinischen Universitätsklinik
Heidelberg. Direktor: Prof. Dr. Freiherr V. v. Weizsäcker.

Versuche über die Wahrnehmung von Scheinbewegungen durch perspektivische Verschiebungen bei aktiver Kopfbewegung.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Medizin

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Hermann Dauser

aus Würzburg.

1939

Buchdruckerei Richard Mayr, Würzburg

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Heidelberg.

Referent: Prof. Dr. Frh. v. Weizsäcker
Dekan: Prof. Dr. Runge

Meinen lieben Eltern.

Versuche
über
die Wahrnehmung von Scheinbewegeungen durch perspektivische Verschiebungen bei aktiver Kopfbewegung.

Unsere Versuche über das Auftreten von Scheinbewegungen knüpfen an Purkinje an, der in seinem Artikel „Beiträge zur näheren Kenntniß des Schwindels aus heautonostischen Daten", berichtet: „Wenn man beym Anfange des Sich-Umdrehens genau auf sein Gesichtsfeld achtet, so beharren die Gegenstände erst in relativer Ruhe, indem das Auge durch seine Bewegungen, die sich vermöge der Drehung des Körpers immerfort ändern, die Raumverhältnisse derselben ausgleicht. Bald aber fangen die Augenmuskeln an zu ermüden und starr zu werden .... sie folgen nicht mehr in gleichem Maße der Drehung des Körpers, sondern nur absatzweise, indem die Gegenstände jetzt bewegt, jetzt ruhend erscheinen; endlich hört auch dieser Kampf auf, und das unwillkürlich fixierte Auge bewegt sich gleichmäßig mit dem übrigen Körper, indes die sichtbaren Gegenstände nach entgegengesetzter Richtung immer schneller umlaufen, jedoch nicht durchaus gleichmäßig, indem das Auge noch von Zeit zu Zeit an einzelnen schwach haften bleibt, und dadurch eine Retardierung der Scheinbewegung, aber keinen völligen Stillstand hervorbringt. ... Wenn man beym Sichdrehen gleich anfangs die Augen fixiert, z. B. durch starres Anblicken eines nahe dem Auge gehaltenen Fingers, so vertritt dies die oben bemerkte krampfhafte Fixierung des Auges und die sichtbaren Gegenstände drehen sich so-

gleich der Bewegung des Körpers gemäß und ihre Bewegung wird nur dann wieder gleichmäßig, wenn man das fixierte Auge wieder freyläßt."

Erasmus Darwin, welcher im Jahre 1795 die ersten Untersuchungen über den Drehschwindel anstellte, fand ebenfalls, daß wenn die Augen in den Augenhöhlen festsänden, der Raum sich in umgekehrtem Sinne zu drehen scheinen würde.

Grahe schreibt im Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie: „Wenn wir den Blick über die Gegenstände unserer Umgebung schweifen lassen, dann sehen wir bekanntlich die Gegenstände in Ruhe; umgekehrt erscheinen sie uns bewegt, wenn sie bei ruhendem Blick durch das Gesichtsfeld bewegt werden. Beide Male gleitet das Bild der Gegenstände in gleicher Weise über die Netzhaut der Augen; der Unterschied besteht darin, daß im ersten Falle die Augen still stehen, im zweiten einen Bewegungsimpuls erhalten. Dieser Bewegungsimpuls muß also irgendwie mit einer Änderung der Raumwerte unseres Sehorgans verknüpft sein."

Weiter schreibt er: „Wenn somit die Scheinbewegung der Umgebung zweifellos von den Augenbewegungen abhängig ist, so ist im einzelnen ihre Entstehung doch noch nicht geklärt. Denn jede Bulbusbewegung ist durchaus nicht immer von Scheinbewegungen der Umwelt begleitet." . . .

Nach Purkinje wären es also die kompensatorischen Augenbewegungen, denen wir verdanken, daß bei Körper-Kopfdrehung die Gegenstände ruhend erscheinen. Fehlen diese Augenbewegungen, sei es durch „Ermüdung", sei es durch Fixierung eines mitgedrehten Gegenstandes, dann bekommen wir eine Scheinbewegung der übrigen Umwelt.

Dem entspricht dann, daß bei Körper- und Kopfruhe die ruhenden Gegenstände ruhend erscheinen, auch wenn das Auge sich bewegt, aber bewegte Gegenstände bewegt erscheinen auch wenn das Auge ruht.

Ebenso wie bei Purkinje's Drehversuch die Gegendrehung der Augen, so sorgt auch bei primärer Blickwendung die aktive Augenbewegung dafür, daß wir die Dinge im Raum so sehen wie sie objektiv sind.

Die Entscheidung darüber, ob die Verschiebung eines Bildes über die Netzhaut nur durch die Bewegung der Objekte oder durch eine Bewegung der Netzhaut selbst entstand, wird demnach dadurch ermöglicht, daß aktive Körper-, Kopf- und Augenbewegungen im ersten Falle fehlen, im zweiten getätigt werden und daß dieses bei der Wahrnehmung in Rechnung gestellt wird. Dieses „in Rechnung stellen" besteht in einer Umstimmung der retinalen Ortswerte. In einzelnen Fällen, wie bei rascher Körperdrehung kann diese Einrichtung versagen, dann entstehen Scheinbewegungen in der Wahrnehmung.

Nach dieser Theorie, die wir die klassische nennen können, hat die physiologische Funktion den Erfolg einer Objektivität der Wahrnehmung. Wir sehen die Gegenstände, was ihre Ruhe und Bewegung betrifft, innerhalb weiter Grenzen so wie sie sind. Das Prinzip der retinalen Abbildung allein vermöchte das nicht zu leisten; es bedarf dazu sozusagen der inneren Registrierung der Muskelbewegungen.

Nun bringt aber dieses Prinzip der optischen Abbildung bereits eine bestimmte Umformung der Raumverhältnisse der äußeren Gegenstände und damit eine gewisse Entfernung von der Objektivität mit sich: es ist die perspektivische Projektion. Gegenstand und Bild sind nicht identisch; das Bild ändert sich mit jeder räumlichen Stellung des Auges gegenüber dem Gegenstand (und umgekehrt). Diese Bildveränderung ist also nur subjektiv im Hinblick auf den Gegenstand; im Hinblick auf die getätigte Stellungsänderung des Auges gegenüber dem Gegenstand ist sie freilich objektiv notwendig.

Hier eröffnet sich also wieder eine ähnliche Alternative wie zuvor. Ebenso wie aus der Verschiebung des retinalen Bildes allein nicht zu entscheiden war ob Retina oder Objekt bewegt sind, ebenso ist aus der Bilddeformation allein nicht zu entscheiden, ob der Gegenstand deformiert oder meine relative Stellung zu ihm verändert wurde. Nach dem Ansatz der klassischen Theorie würde auch hier die innere Registrierung der aktiven Bewegungen die Entscheidung bringen müssen.

Aber es kommt damit doch ein neues Problem auf. Wenn die Bilddeformation durch Bewegung des Körpers (Kopfes, Auges) vor sich geht, und nicht durch Formveränderung des Objekt, was sehen

wir dann eigentlich? Sehen wir die Objekte und besonders ihre Formen, Konturen unverändert also unbewegt, weiterhin „objektiv" wie sie sind? oder, wenn wir die Deformationsbewegung s e h e n, ist dieses Sehen bereits eine Wahrnehmungstäuschung? Die perspektivischen Verschiebungen sind, allgemein gesprochen, für die klassische Theorie ein noch ungelöstes Problem. Es handelt sich bei ihnen nicht nur um Umstimmungen der Ortswerte der Retina, denen zufolge die Gesamtheit der Sehdinge, das Sehfeld lokalisiert wird. Die perspektivische Verschiebung konkurriert vielmehr mit der Form, der räumlichen Anordnung der äußeren Gegenstände selbst und untereinander. Die Alternative lautet hier: sehe ich die Dinge wie sie für sich sind, oder wie sie in Beziehung zu mir sind? Diese neue Alternative ist nun durch die innere Registrierung der aktiven Innervationen nicht zu entscheiden. Diese könnte nur entscheiden ob die Veränderungen durch Objektbewegungen oder durch meine Eigenbewegungen eintreten. Aber diese Entscheidung läßt noch offen, ob der Widerspruch zwischen perspektivischer und geometrisch-objektiver Darstellung in der Wahrnehmung im ersten oder im zweiten Sinne gelöst wird. Denn wenn z. B. ich mich im Zimmer geradlinig bewege treten perspektivische Verschiebungen ein; diese könnten sowohl als Bewegungen der Objekte gesehen werden, wie auch durch Umstimmungen retinaler Ortswerte n i c h t gesehen werden. W a s wirklich gesehen wird ist durch die innere Registrierung der Motorik nicht zu entscheiden.

Offenbar handelt es sich nun bei dieser Sache nicht um einen besonderen Ausnahmefall, sondern geradezu um d e n Fall des Sehens; unaufhörlich verhalten wir uns selbst bewegt zu einer teils ruhenden teils bewegten Umgebung. Wenn die klassische Theorie für diesen Hauptfall des Raumsinnes versagt, dann hat auch ihre Brauchbarkeit für die einfache Blickbewegung so gut wie keinen Wert mehr.

Eine systematische Untersuchung des Sehens bei der p e r s p e k t i v i s c h e n V e r s c h i e b u n g existiert bisher nicht. Wir haben deshalb zur ersten Orientierung auf diesem Gebiet den sehr einfachen Fall der Kopfdrehung herangezogen. Bei dieser kommt es ja gegenüber den geradeaus und in der Nähe gezeigten Objekten zu einer bogenförmigen Seitenverschiebung (Abb. 1), die wir in bequemer Weise nach Betrag und Geschwindigkeit willkürlich variie-

ren können. Die Versuche sollen zeigen, welche Lösungen die Wahrnehmung dafür findet, daß bei einer solchen mit einer Kopfdrehung verbundenen Seitenverschiebung die vorn geradeaus gesehenen Objekte perspektivische Verschiebungen erleiden ohne daß sie selbst objektiv bewegt sind.

Das allgemeine E r g e b n i s ist zunächst das folgende.

Fixiert man mit dem Blick einen im Vordergrund aufgestellten senkrechten Stab und führt gleichzeitig Kopfdrehbewegungen um die Körperachse aus, so treten bei verschieden schnellen Hin- und Her-Bewegungen des Kopfes Scheinbewegungen des Hintergrundes und Vordergrundes von ganz bestimmter Art auf.

Dieses auffällige Verhalten von Hintergrund und Vordergrund schien eine Klärung und Fortführung der Frage des Bewegtsehens zu versprechen.

Bei den Beobachtungen ergaben sich mindestens vier Phasen, die sich mit zunehmender Beschleunigung entwickeln und dabei durch Stadien der Unschärfe hindurch gehen und sprunghaft phänomenal völlig verschiedene Wahrnehmungen ergeben.

I. Phase.

Bei ganz langsamen Kopfdrehbewegungen und bei gleichzeitiger Fixation eines Vordergrundobjektes erscheint dieses und der Hintergrund in völliger Ruhe (Umweltruhe).

II. Phase.

Bei etwas schnelleren Kopfdrehbewegungen und gleichzeitiger Fixation eines Vordergrundobjektes erscheint dieses in Ruhe, der (nichtfixierte) Hintergrund macht Scheinbewegungen in gleicher Richtung wie die Drehbewegungen des Kopfes.
NB! Bei der Fixierung des Hintergrundes tritt Scheinbewegung des Vordergrunds auf.

III. Phase.

Bei schnelleren Kopfdrehbewegungen und gleichzeitiger Fixation eines Vordergrundobjektes erscheint dieses nicht mehr in Ruhe, es treten gegensinnige Scheinbewegungen von Hintergrund und Vordergrund auf. Dabei erscheint der Hintregrund gleichsinnig, der Vordergrund gegensinnig zur Kopfbewegung bewegt.

IV. Phase.

Bei sehr schnellen Kopfdrehbewegungen (Kopfschütteln) und gleichzeitiger Fixation eines Vordergrundobjektes ist der Vordergrund und Hintergrund ebenfalls nicht mehr in Ruhe, es treten aber gleichsinnige Scheinbewegungen von Hintergrund und Vordergrund auf. Die Scheinbewegungen sind den Kopfdrehbewegungen entgegengesetzt gerichtet.

Versuchsanordnung und Apparaturbeschreibung.

Um die Winkelgeschwindigkeiten sowie Exkursionen der Kopfdrehbewegungen beim Auftreten der verschiedenen Phasen messend festzuhalten, wurde eine Apparatur konstruiert, die es ermöglichte, den jeweiligen Versuch graphisch zu registrieren (Apparatur der Versuchsanordnung siehe Abb. 2).

Die Versuchsperson sitzt auf einem Hocker in 1 Meter Entfernung vom „Hintergrund". Derselbe besteht aus einer weißen Wand von 120×70 cm Größe. Auf dieser Wand ist in der Mitte ein schwarzes Rechteck angebracht. 45 cm vom Hintergrund, also 55 cm von der Versuchsperson entfernt, befindet sich ein senkrechter Stab, dessen oberes Stück in Augenhöhe 20 cm lang weiß lackiert ist. Der Stab ist von vorne beleuchtet, dient als Vordergrundobjekt und ist in der Regel von der Versuchsperson während der Dauer des Versuchs zu fixieren.

Der Versuch, der aus zwei Sitzungen besteht, ist in einen Vor- und Hauptversuch gegliedert. Der erstere dient zur Erlernung und Auffassung der Erscheinungen und zur Notierung der von den Besuchspersonen jeweils gemachten Angaben. Der Hauptversuch, der anschließend an den Vorversuch durchgeführt wurde, war für die Registrierung der Kopfdrehbewegung bestimmt. Die Versuchsperson hat eine Binde um die Stirne, an deren vorderen Pol zwei Flügel befestigt sind, die in ungefähr 120 cm Länge hinter der Versuchsperson über eine vertikal angebrachte Scheibe laufen. Die Kopfdrehbewegungen werden mittels eines excentrisch an der Scheibe angebrachten Hebelarms direkt auf eine Rußtrommel, die sich in gleichförmiger Drehung befindet, übertragen (Markierung der ½ Sekunden).

Die Versuchsperson hat mit ganz langsamen Kopfdrehbewegungen zu beginnen und dieselben langsam zu beschleunigen. Gleichzeitig wird die Versuchsperson aufgefordert, die jeweils gemachten Wahrnehmungen zu signalisieren. Beim Hauptversuch muß die Versuchsperson beim Auftreten einer neuen Phase dies durch „jetzt" kundgeben, was sofort auf der Rußtrommel vermerkt wird.

Nach den Versuchen wurde noch das subjektive Gefühl (Schwindel ect.), das von den einzelnen Versuchspersonen geäußert wurde, zu Protokoll genommen.

Die Bedingungen wie Fixieren, Abstand von Hintergrund und Vordergrund sowie Beleuchtung waren bei allen Versuchspersonen die gleichen.

Versuchsergebnisse.

Wir bringen die Angaben der V. P. in protokollarischer Form. Die Zahlenwerte für Winkelgeschwindigkeiten etc. beziehen sich für Phase III und IV auf den Augenblick, in dem eine deutlich veränderte Phase des Gesehenen eintritt; sie sind also die unteren Schwellenwerte für die betreffende Phase. Nur bei Phase I bezeichnet der angegebene Wert das Aufhören der Objektruhe und ist also oberer Grenzwert. Die Zahlenwerte der Phase II sind mittlere Werte. (Siehe auch unten.)

1. Versuchsperson: Dr. Be.

I. Bei ganz langsamen Bewegungen des Kopfes scheinbare Ruhe von Vordergrund und Hintergrund.

II. Nach geringer Beschleunigung bei langsamen Bewegungen des Kopfes Scheinbewegung des Hintergrunds gleichgerichtet mit den Drehbewegungen des Kopfes.

III. Bei schnelleren Bewegungen des Kopfes, scheinbares „Ausweichen" des Hintergrunds und Vordergrunds in entgegengesetzter Richtung. Dabei bewegt sich der Hintergrund gleichsinnig mit dem Kopfe.

IV. Bei ganz schnellen Kopfdrehbewegungen: Scheinbewegung von Hintergrund und Vordergrund in gleicher Richtung wie der Kopf.

Subjektiv: Der Versuchsperson wurde es am Versuchsende schwindelig.

Phase:	I	II	III	IV
Winkelgeschwindigkeit Grad pro Sek.	0,838	114,0	140,0	188,0
Exkusion der Kopfdrehbewegung	130°	57°	70°	94°
Dauer der Kopfdrehbewegung	2' 35"	0,5"	0,5"	0,5"

2. Versuchsperson: Dr Ka.

I. Bei ganz langsamen Bewegungen des Kopfes, keine Scheinbewegungen des Vorder- und Hintergrunds wahrnehmbar.

II. Bei langsamen Bewegungen des Kopfes bewegt sich der Hintergrund scheinbar in gleicher Richtung wie der Kopf. Der Vordergrund ist ruhig.

III. Bei schnelleren Bewegungen des Kopfes bewegt sich scheinbar der Vordergrund entgegengesetzt zum Hintergrund.

IV. Bei noch schnelleren Kopfdrehbewegungen tritt gleichgerichtete Scheinbewegung von Vordergrund und Hintergrund auf.

Subjektiv: Unangenehmes Gefühl, als ob das Gehirn bei Bewegungen des Kopfes im Schädel hin und her fallen würde.

Phase:	I	II	III	IV
Winkelgeschwindigkeit Grad pro Sek.	0,730	98,28	144,0	176,0
Exkursion der Kopfbewegung	95°	86°	108°	132°
Dauer der Kopfdrehbewegung	2' 10"	0,87"	0,75"	0,75"

3. Versuchsperson: Dr. Chr.

I. Bei ganz langsamen Kopfdrehbewegungen herrscht absolute Ruhe von Vordergrund und Hintergrund.

II. Bei langsamen Kopfdrehbewegungen: scheinbare Bewegung des Hintergrunds in gleicher Richtung wie die Kopfdrehung. Vordergrund in Ruhe.

III. Bei schnelleren Kopfdrehbewegungen scheint der Vordergrund sich gegensinnig zum Hintergrund zu bewegen. Der Vordergrund beginnt langsam in den Hintergrund abzuweichen.

IV. Bei noch schnelleren Drehbewegungen des Kopfes scheint der Vordergrund in den Hintergrund hineingedrängt zu sein und bewegt sich scheinbar mit demselben zusammen gleichgerichtet und gleichschnell wie die Drehbewegung des Kopfes.

Subjektiv wird leichtes Benommensein und Schwindelgefühl geäußert.

Phase:	I	II	III	IV
Winkelgeschwindigkeit Grad pro Sek.	0,899	34,18	73,77	116,5
Exkursion der Kopfbewegung	88°	47°	83°	135°
Dauer der Kopfdrehbewegung	1' 38"	1,37"	1,12"	0,75"

4. Versuchsperson: Dr. Ba.

I. Bei ganz langsamen Bewegungen des Kopfes Hintergrund und Vordergrund in Ruhe.

II. Hintergrund schaukelt hin und her, Vordergrund ist in Ruhelage.

III. Der Hintergrund scheint sich in gleicher Richtung wie der Kopf zu bewegen. Der Vordergrund bewegt sich scheinbar entgegengesetzt zum Hintergrund.

IV. Der Hintergrund und der Vordergrund bewegt sich scheinbar in gleicher Richtung wie die Rrehbewegung des Kopfes, jedoch scheint es, als ob der Vordergrund etwas nachlaufe.

Subjektive Angaben: Leichter Kopfschmerz, etwas taumelig.

Phase:	I	II	III	IV
Winkelgeschwindigkeit Grad pro Sek.	0,754	53,0	99,0	176,0
Exkursion der Kopfbewegung	92°	106°	99°	132°
Dauer der Kopfdrehbewegung	2' 2"	2,0"	1,0"	0,75"

5. Versuchsperson: Dr. v. Sch.

I. Bei ganz langsamen Kopfdrehbewegungen keine Bewegung des Vordergrunds noch des Hintergrunds wahrnehmbar.

II. Bei langsamen Bewegungen des Kopfes, gleichgerichtete Scheinbewegung des Hintergrunds. Der Vordergrund befindet sich in Ruhe.

III. Bei schnelleren Kopfdrehbewegungen Scheinbewegungen von Hintergrund und Vordergrund in entgegengesetzter Richtung.

IV. Bei noch schnelleren Kopfdrehbewegungen Auftreten von gleichgerichteten Scheinbewegungen des Hintergrunds und Vordergrunds, gleichschnell wie die Drehbewegung des Kopfes.

Subjektiv benommenes Gefühl, leichter Kopfschmerz.

Phase:	I	II	III	IV
Winkelgeschwindigkeit Grad pro Sek.	0,868	83,5	184,6	213,0
Exkursion der Kopfbewegung	99°	94°	120°	128°
Dauer der Kopfdrehbewegung	1' 54"	1,25"	0,65"	0,6"

Tabelle.

Vq.	Exkursion der Kopfbewegung	Dauer der Kopfdrehbewegung	Frequenz	Winkelgeschw. pro Sek.
Phase I				
Dr. Chr.	88°	1'38"	0,0102	0,899
„ Ba.	92°	2'2"	0,00819	0,754
„ Ka.	95°	2'10"	0,00769	0,730
„ Be.	130°	2'35"	0,00645	0,838
„ v. Sch.	99°	1'54"	0,00877	0,868
Phase II				
Dr. Chr.	47°	1,37"	0,729	34,18
„ Ba.	106°	2,0"	0,5	53,00
„ Ka.	86°	0,87"	1,149	98,28
„ Be.	57°	0,5"	2,0	114,00
„ v. Sch.	94°	1,25"	0,8	83,50
Phase III				
Dr. Chr.	83°	1,12"	0,892	73,77
„ Ba.	99°	1,0"	1,0	99,00
„ Ka.	108°	0,75"	1,333	144,00

Vp.	Exkursion der Kopfbewegung	Dauer der Kopfdrehbewegung	Frequenz	Winkelgeschw. pro Sek.
„ Be.	70°	0,50"	2,0	140,00
„ v. Sch.	120°	0,65"	1,538	184,60
Phase IV				
Dr. Chr.	135°	0,75"	1,333	116,50
„ Ba.	132°	0,75"	1,333	176,00
„ Ka.	132°	0,75"	1,333	176,00
„ Be.	94°	0,50"	2,0	188,00
„ v. Sch.	128°	0,60"	1,666	213,00

Deutung der Tabellen.

Die von den fünf Versuchspersonen jeweils gemachten Äußerungen über ihre Wahrnehmung decken sich restlos. Das Auftreten der vier Phasen wurde von jeder Versuchsperson eindeutig empfunden.

An Hand der Frequenzen und Exkursionen wurde die Winkelgeschwindigkeit der einzelnen Phasen errechnet. Bei Betrachtung der Übersichtstabelle ergibt sich, daß das Auftreten der Phase I (Vordergrund und Hintergrund in völliger Ruhe) an eine Winkelgeschwindigkeit von unter 0,730 bis 0,899 Grad pro Sekunde in unserer Versuchsreihe gebunden ist. Die Frequenzen sowie die Exkursionen scheinen in keinem bestimmten Verhältnis für das Zustandekommen der Phase I zueinander zu stehen. Daraus ist ersichtlich, daß für das Auftreten der Phase I die Winkelgeschwindigkeit von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Ebenfalls ist aus den übrigen Tabellen der Phasen II, III und IV ersichtlich, daß der Winkelgeschwindigkeit eine besondere Bedeutung zukommt. Dabei ergeben sich bei der:
Phase II Winkelgeschwindigkeiten von 34,18—114,0 Grad pro Sek.
Phase III Winkelgeschwindigkeiten von 73,77—144,0 Grad pro Sek.
Phase IV Winkelgeschwindigkeiten v. 116,5 —213,0 Grad pro Sek.

Spontan erzielen die Versuchspersonen die Beschleunigung entweder durch eine Vergrößerung der Exkursion (s. Vp. Dr. Be.) oder mehr durch eine Verkürzung der Bewegungsdauer (s. Vp. Dr. Ba.) oder durch beides. Auch diese Verschiedenheiten sprechen für die vorwiegende Bedeutung der Winkelgeschwindigkeit, wobei die Vpp. starke individuelle Unterschiede zeigen.

Besprechung der Ergebnisse.

Obwohl bei den verschiedenen Versuchen die rein geometrischen Relationen zwischen Augenmittelpunkt[1]) und Gegenständen durchgehend gleichartig bleiben ändern die Wahrnehmungen sich gründlich mit steigender Bewegungsgeschwindigkeit. Eine jede der verschiedenen Phasen fordert daher eine eigene physiologische Interpretierung, und wir müssen annehmen, daß, wie schon Purkinje andeutet, der Reihe nach neue, motorische und sensorische Mechanismen ins Spiel treten bezw. einander ablösen.

Die kompensatorische Bewegung der Bulbi in Phase I und II deutlich zu beobachten ermöglicht die Fixation des Blickes auf das Vordergrundobjekt. Das Verhalten der Bulbi bei III und IV ist mit bloßem Auge nicht mehr sicher zu beurteilen; doch ist gewiß, daß in der Phase IV die kompensatorischen Bewegungen durch ein starres Verharren etwa in Primärstellung ersetzt, die Fixation des Stabes also preisgegeben ist. Denn die Augen sind gleichsam im Kopfe fixiert und machen nur dessen Bewegungen mit. Es wird eine nächste Aufgabe sein, die Augenbewegungen ebenfalls zu registrieren. Für die Objektruhe in den Phasen I und II und für die Scheinbewegungen in den Phasen III und IV können wir also das klassische Prinzip zur Erklärung einfügen. Ein Objekt erscheint hinsichtlich Bewegung und Ruhe so wie es objektiv ist, wenn der Blick auf das Objekt fixiert und die „innere Registrierung" der Motorik für die retinalen Raumwerte in Rechnung gestellt wird. Versagt dies, wie im Falle III und IV so können Scheinbewegungen auftauchen. Das Versagen kann durch die abnorme Starre („Ermüdung") der Bulbomotorik oder auch durch inadäquates Eingreifen vestibulärer Erregungen erklärt werden (vergl. das Auftreten von Schwindel).

Damit ist jedoch über die Auflösung der perspektiven Verhältnisse nichts gesagt. Die perspektivische Verschiebung wird in den vier Phasen auf vier verschiedene Weisen wahrgenommen. In Phase I und IV wird Vorder- und Hintergrund (V. und H.) ohne gegenseitige Verschiebung gleichsam (dem objektiven Sach-

1) Da die Versuchsergebnisse mit einäugigem Sehen die selben wie mit beidäugigen sind, genügt es, das Verhältnis eines Auges zu den Objekten zu diskutieren.

verhalt entsprechend) in fester Verbundenheit gesehen, obwohl eine retinale Verschiebung der Bilder von V. und H. erfolgt.

In Phase II und III wird die perspektivische Verschiebung als Bewegung von H gegen V gesehen, und zwar bei II und III in verschiedener Weise, obwohl die Objekte sich ja relativer n i c h t bewegen. Es ist das vielleicht weniger überraschend als das Verhalten bei I und IV, weil ja doch die Umwertung der retinalen Ortswerte, so sollte man denken, nur entweder für V oder für H erfolgen könne. Die Objektivität muß in diesem Sinne für eines von beiden preisgegeben werden.

Es bleibt aber, wie man die Einzelphasen auch physiologisch deuten möge, bestehen, daß bei verschieden schnellen Kopfbewegungen die durch Seitenverschiebung des Auges entstehende perspektivische Verschiebung der Bilder des näheren gegen das fernere Objekt (V gegen H) in den einen Fällen nicht wahrgenommen, in den anderen beiden Fällen als selbständige Scheinbewegung wahrgenommen wird. In der ersten Gruppe (I und IV) wird die perspektivische Verschiebung unterdrückt zu Gunsten einer Wahrnehmung der objektiv festen Raumrelation der Objekte untereinander. In der zweiten Gruppe (II und III) wird die perspektivische Verschiebung als Objekt-Scheinbewegung wahrgenommen unter Opferung der Objektivität. Dabei trifft zunächst (II) dieses Opfer die nicht angeblickten also die im peripheren Gesichtsfeld oder außerhalb des Horopters liegenden Objekte. Später (III) trifft es alle Objekte; die perspektivischen Verschiebungen erscheinen gleichsam so, als ob sie von allen Objekten ausgeführt würden, mit gleicher Beteiligung eines jeden.

Wir sind danach zu dem Schlusse genötigt, daß die p e r s p e k t i v i s c h e V e r s c h i e b u n g in der Wahrnehmung bei verschieden schneller Kopfbewegung im Zusammenhang mit eine Änderung der physiologischen Bedingungen in v e r s c h i e d e n e r W e i s e wahrgenommen wird; sie wird entweder überhaupt unterdrückt oder sie erscheint als Scheinbewegung der Objekte.

Während wir über die physiologischen Bedingungen dieses Unterschiedes heute nur einige, allerdings nicht unbegründete Vermutungen würden äußern können, ist über das Problem der Scheinwahrnehmung als solches noch eine Aussage zu machen, welche durch diese Versuche als sicher belegt gelten darf.

Vergleichen wir die Geschwindigkeiten unserer vier Phasen mit denen natürlicher Bewegungen des Kopfes im täglichen Leben, dann muß die der Phase I als abnorm langsam, die der Phase IV als abnorm schnell bezeichnet werden. Das allein, was wir bei Phase II und III beobachten, entspricht dem im natürlichen Leben geltenden Bewegungsgeschwindigkeiten. Daraus folgt: unser normales Wahrnehmen enthält die perspektivische Verschiebung als Scheinbewegung der festen Objekte. Scheinwahrnehmen von Bewegungen ist also der Normalfall; aber — wir beobachten sie nicht, wir nehmen sie nicht ernst. Der Begriff der optischen Täuschung eignet sich nicht zur Bezeichnung dieses Sachverhaltes. Wir sehen etwas anders als es ist, lassen uns dadurch aber nicht täuschen.

Aber man muß noch weiter gehen. Wenn wir die perspektivischen Verschiebungen überhaupt nicht wahrnähmen, würden wir auch unsere Ortsveränderung im Raume der Objekte nicht wahrnehmen. Wenn wir andererseits die perspektivische Verschiebung in der Wahrnehmung ernst nähmen, würden wir kein ruhendes Objekt als solches mehr erkennen. Allein die Wahrnehmung der perspektivischen Verschiebung zusammen mit dem Nichtbeachten und Nicht-Ernstnehmen dieser Bewegungen vermag die Wahrnehmung einer ruhenden Umwelt, in der ich mich bewege, zu konstituieren[1]). Die Scheinbewegung ist also konstitutiv für die Wahrnehmung einer festen Umwelt in der der Wahrnehmende sich bewegt.

Daraus ergibt sich schließlich auch eine biologische Bestimmung des Begriffes „richtig" oder „objektiv" für die Wahrnehmung. Eine richtige Wahrnehmung ist nicht die, in welcher Objekte im Verhältnis zu Objekten zutreffend wahrgenommen werden. Sondern eine richtige Wahrnehmung enthält stets eine Ordnung zwischen Objekten und einem Subjekt. Die Wahrnehmung ist richtig, wenn sie die Objekte widerspruchslos auf das wahrnehmende Subjekt bezieht; dabei kann sie Widersprüche der Erscheinungsweisen der Objekte untereinander enthalten; doch sind diese Widersprüche scheinbar, wenn die Beziehung auf das Subjekt in Rechnung gestellt wird.

1) Alles was für die Wahrnehmung von objektiv Ruhendem gilt, ist auch für den Fall des objektiv Bewegten giltig. Nur ist die Darstellung dafür komplizierter.

Falsch würde die Wahrnehmung nur dann, wenn diese Widersprüche ernstgenommen würden, etwa so als ob die Erscheinungen nicht Erscheinung sondern eine Darstellung der Objekte an sich selbst wären.

Zusammenfassung.

Es wurde die Wahrnehmung von perspektivischen Verschiebungen untersucht, welche bei aktiven Kopfdrehungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten auftreten. Es ergaben sich zunächst (mindestens) vier verschiedene Art der Wahrnehmung. Die jeder der vier Phasen zugeordneten Winkelgeschwindigkeiten des Kopfes sind durch eine Registriervorrichtung aufgezeichnet und gemessen worden. Während bei abnorm langsamer oder schneller Kopfbewegung die perspektivische Verschiebung nicht wahrgenommen wird zeigen sich im Bereiche der natürlichen Bewegungsgeschwindigkeiten Scheinbewegungen der Objekte. Diese werden näher diskutiert. Es ergibt sich, daß sie konstitutiv für den Aufbau der Wahrnehmung einer Umwelt sind, in welcher der Wahrnehmende sich bewegt.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Freiherrn V. v. Weizsäcker für die freundliche Überlassung der Arbeit sowie für die wertvolle Unterstützung meinen ergebensten Dank aussprechen.

Literatur.

J. v. Kries, Allgemeine Sinnesphysiologie. Springer 1923.

Martin, Human Body, advanced Course. Eleventh Edition. Henry Holt and Company New York. 1928.

Robinson and Robinson, Readings in General Psycholog. The University of Chicago Press Chicago, Illioois. 1923.

Bethes Handbuch der norm. und path. Physiologie. Bd. XV (I u. II) Berlin 1930 und Bd. XII, Berlin 1929.

P. Vogel, Studien über den Schwindel. Sitzungsbericht der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, 5. Abhandlung. 1933.

Purkinje, Beiträge zur näheren Kenntnis des Schwindels aus heautognostischen Daten. Med. Jahrb. d. k. k. österr. Staates, Bd. 6, Wien 1820.

A. Prinz Auersperg und Harry Buhrmester jr. (Heidelberg), Experimenteller Beitrag zur Frage des Bewegtsehens. Zeitschrift für Sinnesphysiologie Bd. 66, 1936.

P. Vogel, Über optokinetische Reaktionsbewegungen und Scheinbewegungen. Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere. Band 228, 4. und 5. Heft, 1931.

Kleint, Zeitschrift für Psychologie, Heft 138, 1, 1936; Heft 141, 9. 1937; Heft 142, 259, 1938.

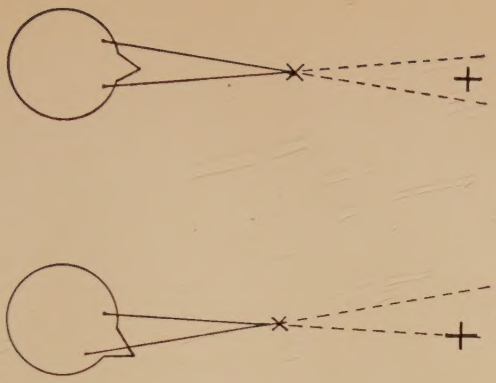


Abb. 1.
Bogenförmige Seitenverschiebung des Objektes.

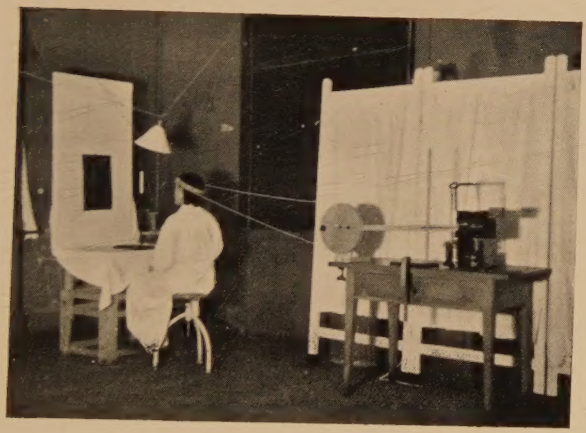
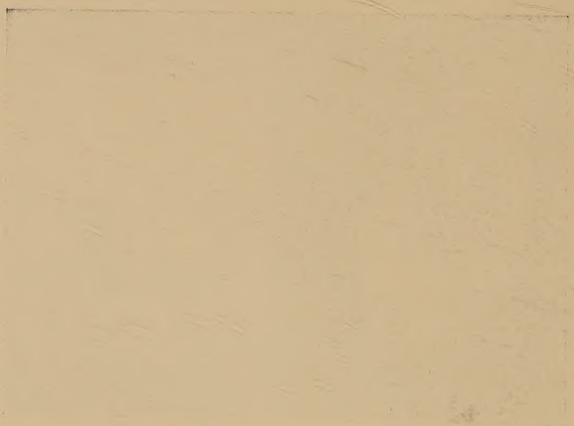


Abb. 2.
Beschreibung im Text.



Lebenslauf.

Am 11. November 1906 wurde ich als Sohn des Rechtsanwalts Heinrich D a u s e r in Würzburg/Bayern geboren. Nach eingehendem Studium der englischen Sprache wanderte ich im Jahre 1926 nach Nord-Amerika aus. In Chicago besuchte ich die High-School und anschließend das Kollege. Während dieser Zeit war ich drei Jahre als Werkstudent an einem Forschungslaboratorium tätig. 1930/31 arbeitete ich als Assistent am psychologischen Institut. 1931 begann ich in Deutschland das Studium der Medizin. Ich studierte an den Universitäten Würzburg, Greifswald und Heidelberg. An der letzteren bestand ich im Jahre 1934 die Physika der Medizin und Zahnheilkunde, im Jahre 1937 das medizinische Staatsexamen. Seit 1. Januar 1939 bin ich als Volontär-Assistent an der Nervenabteilung der medizinischen Klinik in Heidelberg tätig.